

У порівнянні з існуючими традиційними способами відновлення деталей нанесення покриттів лазерним наплавленням має ряд переваг. Висока концентрація енергії в точці нагрівання створює можливість вести процес на підвищених швидкостях обробки деталі. Це, у свою чергу, обумовлює можливість формування наплавленого шару з малим коефіцієнтом перемішування ($i=0,05...0,15$) за рахунок незначного підплавлення основи; мінімальний термічний вплив на основний метал, що особливо важливо для матеріалів, що зазнають структурні і фазові перетворення; незначні залишкові деформації відновлених деталей; можливість наплавлення малих поверхонь, у порівнянні з діаметром точки нагріву (в разі використання імпульсних і імпульсно-періодичних лазерів); підвищення зносостійкості наплавлених шарів.

Отже, малі деформації, з однієї сторони, і високі технологічні й експлуатаційні властивості, з іншої, створюють переваги для застосування лазерного наплавлення не лише в процесі виготовлення нових виробів, але й при відновленні зношених поверхонь деталей. Причому після використання лазерного відновного наплавлення потрібна мінімальна фінішна обробка деталей.

Для лазерного наплавлення використовують такі ж матеріали для наплавлення, як і для традиційних методів наплавлення. Це компактні присадки, що виконуються у вигляді дроту або стрічки чи порошку.

Порошкові матеріали різного виду мають ряд переваг: збільшене поглинання лазерного випромінювання унаслідок розвиненої поверхні і багатократного віддзеркалення променя від окремих частинок; менша (більш ніж в 1,5 рази) енергія для сплавлення з основним металом; широкі можливості регулювання хімічного складу наплавленого шару; можливість доставки присадкового матеріалу у важкодоступні місця; простота подачі, що надзвичайно важливо при відновленні деталей складної конфігурації.

Лазерне наплавлення здійснюється декількома способами. У першому випадку відбувається оплавлення порошкових матеріалів, які можуть наноситися шаром, намащуватися у вигляді порошкової пасти, що приготовлена на основі зв'язуючого компоненту (шлікерні покриття), або напилюватися газом або плазмою. У другому випадку подачу порошку в зону наплавлення здійснюють шляхом транспортування газом або з використанням гравітаційних сил.

Таким чином, малі деформації, високі технологічні і експлуатаційні властивості, якими характеризується застосування лазерного випромінювання при нанесенні металевих покриттів, створюють переваги для застосування лазерного наплавлення не лише в процесі виготовлення нових виробів, але і при відновленні зношених контактних поверхонь деталей. Тому можливо застосовувати цей метод як найбільш перспективний при ремонті деталей не лише з жароміцних сталей, але й для відновлення виробів з чавуну і мідних сплавів.

УДК 621.791

Недавня Н.М., студ.; Блощин М.С., асист.

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ У ПЛАЗМОВОМУ СТРУМЕНІ

Деякі деталі і вузли сучасних машин і апаратів працюють в таких умовах, при яких вони повинні бути одночасно механічно міцними і стійкими при впливі на них високих температур, хімічно агресивних середовищ і ін. Виконувати такі вироби з одного матеріалу майже неможливо і економічно недоцільно. Набагато вигідніше і простіше виготовити деталь, наприклад, з конструкційної сталі, що задовольняє

вимогам механічної міцності, і покрити її поверхню більш дорогим жароміцним, зносостійким або кислототривким сплавом.

Використовуючи в якості захисних покриттів різні за складом металеві і неметалеві матеріали, можна надавати деталям в цілому необхідні механічні, теплові, діелектричні та інші властивості. Найбільш універсальними і досконалими методами нанесення захисних покриттів є наплавлення і напилення плазмовою дугою. Матеріал покриття, спеціально приготовлений у вигляді дрібногранульованого порошку або дроту; подається в потік плазмового струменя й, нагріваючись або розплавляючись в цьому потоці, переноситься з ним на оброблюваний виріб, одночасно струмінь плазми підігріває виріб.

Основними перевагами методів плазмового нанесення покриттів перед іншими (гальванічним, вакуумним, киснево-ацетиленовим тощо) полягають у наступному:

висока температура плазмового потоку дозволяє розплавляти і наносити тугоплавкі матеріали;

потік плазми дає можливість одержувати сплави різних за властивостями матеріалів або наносити багат шарові покриття з різних сплавів. Це відкриває широку можливість отримання покриттів, що поєднують різноманітні захисні властивості;

можливості цього способу не обмежені формою і розмірами оброблюваного виробу.

Плазмova дуга - найбільш гнучке джерело нагріву, що дозволяє в широких межах регулювати його енергетичні характеристики.

Плазмове зварювання та наплавлення є найбільш прогресивним та дешевим способом відновлення зношених деталей машин і нанесення зносостійких покриттів (сплавів, порошків, полімерів) на робочу поверхню при виготовленні деталей.

Основними перевагами плазмового наплавлення є:

Висока концентрація теплової потужності і можливість мінімальної ширини зони термічного впливу.

Можливість отримання товщини наплавленого шару від 0,1 мм до декількох міліметрів.

Можливість наплавлення різних зносостійких матеріалів (мідь, латунь, та інші) на сталеву деталь.

Можливість виконання плазмового гартування поверхні деталі.

Відносно високий К.К.Д. дуги (0.2-0.45).

Плазмova обробка набула широкого поширення внаслідок високої по промисловим стандартам температури плазми (~ 104 К), великого діапазону регулювання потужності і можливості зосередження потоку плазми на оброблюваному виробі; при цьому ефекти плазмової обробки досягаються як тепловим, так і механічним дією плазми (бомбардуванням виробу частинками плазми, що рухаються з дуже високою швидкістю - так званий швидкісний напір плазмового потоку).

- Швидкість частинок, що напилюються у 2-3 рази вища, ніж при плазмовому напиленні на повітрі. Це забезпечує вищу щільність покриттів, менш ніж до 0,5% зменшує пористість, підвищує якість поверхонь.

- Покращуються умови для взаємодифузії між покриттям і основою та підвищення адгезії.

- При нанесенні покриттів у вакуумі відсутні реакційні гази, які можуть приводити до окислення металів, погіршення зчеплення і сколювання кераміки. Склад покриття на деталях повністю відповідає складу початкового матеріалу для покриття.

- Високий відсоток використання матеріалів для покриття (до 40%). При вакуум-плазмовому напиленні одержують щільніші покриття, ніж в установках електронно-променевого випаровування.

- Найбільш висока точність контролю складу покриття, ніж при будь-якому іншому процесі.

- Метод дозволяє напилувати матеріали з великою відмінністю тиску пари при збереженні низьких значень температури поверхні деталей (200–300°C), що виключає структурні зміни і поверхневого шарі матеріалу основи. Плазмовий метод широко використовується для нанесення як керамічних, так і металевих покриттів.

Методу властивий ряд обмежень, які пов'язані з такими чинниками:

1. застосування матеріалів із стабільною рідкою фазою.
2. мінімальна товщина покриттів обмежена розмірами частинок порошків.
3. метод не дозволяє покривати внутрішні поверхні.
4. розміри деталей, що покриваються, обмежені розмірами вакуумної камери.

Одним із способів поліпшення властивостей напилених покриттів, пов'язаних із збільшенням міцності зчеплення з основою і підвищенням щільності напиленого матеріалу, є їх оплавлення.

Лазерне оплавлення проводилося при наступних параметрах: потужність випромінювання 2-3,5 кВт, діаметр сфокусованого випромінювання $d_{\text{л}}$ - 0,5 - 1,6 мм, що забезпечувало зміну питомої погонної енергії $q_0 = 257-400 \text{ Дж/мм}^2$.

Збільшення q_0 призводить до деякого збільшення обсягу оплавленого металу за рахунок одночасного зростання глибини h і ширини b зони обробки.

Оптимальною слід вважати - $1804-330 \text{ Дж/мм}^2$, що забезпечує повне оплавлення напиленого шару, а також і металу основи на глибину до 0,25 мм. У оплавленні обсязі металу пори практично відсутні. Подальше збільшення погонної енергії призводить до зростання глибини проплавлення основного металу, внаслідок чого матеріал основи у великих кількостях потрапляє в обсяг наплавлення й погіршує експлуатаційні характеристики оплавленого покриття.

Структура оплавлених лазером шарів характеризується надзвичайною дисперсністю, відсутністю окисних включень і пір. Опалвлена зона відрізняється дещо меншими значеннями мікротвердості в порівнянні з плазмовим напиленням. Слід зазначити, що вимірювання мікротвердості напиленого шару проводилося вибірково лише за обсягом металевих частинок, минаючи кордони розділу і пори, тоді значення мікротвердості оплавленої зони є середньостатистичною характеристикою всього обсягу наплавлення.

Збільшення питомої погонної енергії лазерного оплавлення призводить до незначного зниження мікротвердості оплавленої зони. Твердість оплавленого шару на оптимальному режимі складає не менше 8000 МПа, що відповідає паспортним даним для порошку ПГ-ХН80СР2.

Зміст легуючих елементів в-опалвлених ділянках за результатами мікрорентгеноспектрального аналізу мало відрізняється від їх змісту у вихідному порошку, %: 60-74 Ni, 11-17 Cr, 1,5-2,5 Si, <4 Fe.

Слід зазначити, що характер розподілу легуючих елементів па глибині оплавленої зони характеризується рівномірністю, за винятком кордону зони оплавлення.

Для досягнення однакових властивостей поверхні лазерне оплавлення двох сусідніх зон слід здійснювати з їх перекриттям, що призводить до двократного переплавлення в зоні перекриття. Розподіл мікротвердості поверхневих ділянок металу по ширині оброблених зон, включаючи зону перекриття, показало, що при повторному переплаву зони перекриття помітного зниження мікротвердості не відбувалося. Це пов'язано з тим, що при повторному нагріві в оплавлення порошку ПГ-ХН80СР2 відбуваються незначні фазові зміни. В обсягах оплавленого металу, підданих

повторному переплаву, мікроструктура і хімічний склад практично не змінюються. Слід зазначити, що при дотриманні мінімального підплавлення основи на глибину 0,25 мм забезпечується висока міцність зчеплення між покриттям і основою, а короткочасність перебування наплавленого металу в області високих температур при лазерному впливі не створює умов для активного розвитку процесів дифузії.

При лазерному оплавленні на оптимальному режимі поверхневих покриттів, отриманих високотемпературним напиленням, можна домогтися такого стану поверхні, що при подальшій механічній обробці можна відразу здійснювати фінішні операції, наприклад шліфування.

УДК 621.791

Кравчук В.М., студ.; Головка Л.Ф., проф.; Блощин М.С., ас.

ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ АДГЕЗИЙНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Принцип плазмового напилення. Між катодом і мідним водоохолоджуваним соплом, що служить анодом, виникає дуга, що нагріває робочий газ, який поступає в сопло пальника та витікає з сопла у вигляді плазмового струменя. В якості робочого газу використовують аргон або азот, до яких іноді додають водень. Порошковий матеріал для наплавлення подається в сопло струменем транспортуючого інертного газу, нагрівається плазмою і з прискоренням переноситься на поверхню основного матеріалу для утворення покриття. Середня температура плазми на виході з сопла плазмотрона у потоці плазми частинки порошку нагріваються приблизно до 10000 К. Передача теплоти від плазми до порошкових частинок здійснюється в основному теплопровідністю і конвекцією. Плазмове напилення може здійснюватися у вакуумі на повітрі або у контрольованій атмосфері. В якості плазмоутворюючих газів можуть використовуватися Ar, H₂, He, N₂ або їх суміші. Істотне поліпшення властивостей покриттів досягається при використанні плазмового напилення у вакуумі. Вакуумна плазмова технологія має ряд переваг:

- Швидкість частинок, що напилюються у 2-3 рази вища, ніж при плазмовому напиленні на повітрі. Це забезпечує вищу щільність покриттів, менш ніж до 0,5% зменшує пористість, підвищує якість поверхонь.
- Покращуються умови для взаємодифузії між покриттям і основою та підвищення адгезії.
- При нанесенні покриттів у вакуумі відсутні реакційні гази, які можуть приводити до окислення металів, погіршення зчеплення і сколювання кераміки. Склад покриття на деталях повністю відповідає складу початкового матеріалу для покриття.
- Високий відсоток використання матеріалів для покриття (до 40%). При вакуум-плазмовому напиленні одержують щільніші покриття, ніж в установках електронно-променевого випаровування.
- Найбільш висока точність контролю складу покриття, ніж при будь-якому іншому процесі.
- Метод дозволяє напилювати матеріали з великою відмінністю тиску пари при збереженні низьких значень температури поверхні деталей (200–300°C), що виключає структурні зміни і поверхневого шару матеріалу основи. Плазмовий метод широко використовується для нанесення як керамічних, так і металевих покриттів.

Методу властивий ряд обмежень, які пов'язані з такими чинниками:

5. застосування матеріалів із стабільною рідкою фазою.
6. мінімальна товщина покриттів обмежена розмірами частинок порошків.